

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-043222

(43)Date of publication of application : 08.02.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/20

H01L 21/336

H01L 29/786

(21)Application number : 2001-156269

(71)Applicant : SEMICONDUCTOR ENERGY LAB  
CO LTD

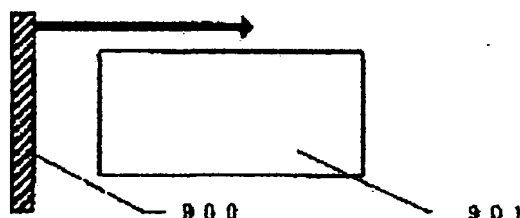
(22)Date of filing : 21.02.1995

(72)Inventor : KUSUMOTO NAOTO  
YAMAZAKI SHUNPEI(54) MANUFACTURING METHOD OF INSULATED GATE THIN FILM SEMICONDUCTOR  
DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve characteristic and reliability of a semiconductor device manufactured by using a semiconductor film which is crystallized through linear laser beam irradiation.

SOLUTION: In the manufacturing method of a semiconductor device wherein an amorphous semiconductor film is formed on a substrate with an insulation surface and a crystalline semiconductor film is formed by radiating a linear laser beam on the amorphous semiconductor film while scanning, oxygen concentration in the crystalline semiconductor film is  $1 \times 10^{17}$  to  $5 \times 10^{19}$  atomic cm<sup>-3</sup>, carbon concentration and nitrogen concentration in the crystalline semiconductor film are  $1 \times 10^{16}$  to  $5 \times 10^{18}$  atomic cm<sup>-3</sup>, respectively. The crystalline semiconductor film contains hydrogen or halogen element by  $1 \times 10^{15}$  to  $1 \times 10^{20}$  atomic cm<sup>-3</sup> and crystalline grain boundary does not exist in the crystalline semiconductor film.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

03.08.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-43222

(P2002-43222A)

(43) 公開日 平成14年2月8日 (2002.2.8)

(51) Int.Cl.	識別記号	F I	テマコード(参考)
H 0 1 L 21/20		H 0 1 L 21/20	5 F 0 5 2
21/336		29/78	6 2 7 G 5 F 1 1 0
29/786			

審査請求 有 請求項の数29 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2001-156269(P2001-156269)  
(62) 分割の表示 特願平7-56481の分割  
(22) 出願日 平成7年2月21日(1995.2.21)

(71) 出願人 000153878  
株式会社半導体エネルギー研究所  
神奈川県厚木市長谷398番地  
(72) 発明者 楠本 直人  
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半  
導体エネルギー研究所内  
(72) 発明者 山崎 舜平  
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半  
導体エネルギー研究所内

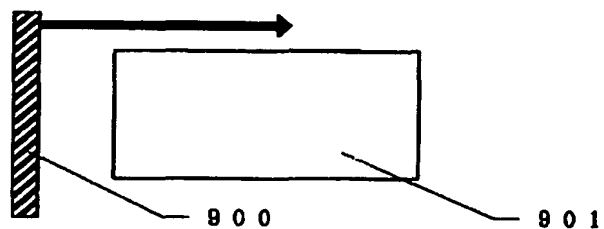
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 絶縁ゲイト型薄膜半導体装置の作製方法

## (57) 【要約】

【課題】 線状レーザー光照射によって結晶化した半導体膜を用いて作製される半導体装置の特性、信頼性などを向上させる。

【解決手段】 絶縁表面を有する基板上に非晶質半導体膜を成膜し、前記非晶質半導体膜に線状のレーザー光を走査しながら照射して結晶性半導体膜とする半導体装置の作製方法であって、前記結晶性半導体膜中の酸素濃度は、 $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19}$  原子  $\text{cm}^{-3}$  であり、前記結晶性半導体膜中の炭素濃度、窒素濃度は、それぞれ  $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18}$  原子  $\text{cm}^{-3}$  であり、前記結晶性半導体膜は、水素またはハロゲン元素を  $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{20}$  原子  $\text{cm}^{-3}$  で含み、前記結晶性半導体膜は、結晶粒界が存在していないことを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】絶縁表面を有する基板上に非晶質半導体膜を成膜し、前記非晶質半導体膜に線状のレーザー光を走査しながら照射して結晶性半導体膜とする半導体装置の作製方法であって、前記結晶性半導体膜中の酸素濃度は、 $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項2】絶縁表面を有する基板上に非晶質半導体膜を成膜し、前記非晶質半導体膜に線状のレーザー光を走査しながら照射して結晶性半導体膜とする半導体装置の作製方法であって、前記結晶性半導体膜中の酸素濃度は、 $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ であり、前記結晶性半導体膜中の炭素濃度、窒素濃度は、それぞれ $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項3】絶縁表面を有する基板上に非晶質半導体膜を成膜し、前記非晶質半導体膜に線状のレーザー光を走査しながら照射して結晶性半導体膜とする半導体装置の作製方法であって、前記結晶性半導体膜中の酸素濃度は、 $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ であり、前記結晶性半導体膜中の炭素濃度、窒素濃度は、それぞれ $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ であり、前記結晶性半導体膜は、水素またはハロゲン元素を $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{20}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ で含むことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項4】絶縁表面を有する基板上に非晶質半導体膜を成膜し、前記非晶質半導体膜に線状のレーザー光を走査しながら照射して結晶性半導体膜とする半導体装置の作製方法であって、前記結晶性半導体膜中の酸素濃度は、 $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ であり、前記結晶性半導体膜中の炭素濃度、窒素濃度は、それぞれ $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ であり、前記結晶性半導体膜は、水素またはハロゲン元素を $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{20}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ で含む、前記結晶性半導体膜は、結晶粒界が存在していないことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項5】請求項1から4のいずれか一項において、前記半導体膜は、珪素膜であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項6】請求項1から4のいずれか一項において、前記半導体膜は、珪素ゲルマニウム膜であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項7】請求項1から6のいずれか一項において、前記レーザー光は、エキシマレーザー光であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項8】請求項1から6のいずれか一項において、前記レーザー光は、Nd:YAGレーザー光であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項9】請求項8において、前記Nd:YAGレーザー光は、Nd:YAGレーザーの第2高調波であるこ

とを特徴とする半導体装置の作製方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本明細書で開示する発明は、結晶性を有する薄膜半導体を用い、かつ、ゲイト電極を有する半導体装置、例えば、薄膜トランジスタの作製方法に関する。薄膜トランジスタの応用範囲としては、アクティブマトリクス型の液晶表示装置が知られている。これは、マトリクス状に配置された数十万以上の画素のそれぞれにスイッチング素子として薄膜トランジスタを配置し、微細で高精細の表示をおこなうものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、ガラスや石英基板上に形成された薄膜半導体を用いたトランジスタ（薄膜トランジスタやTFTと称される）が注目されている。これは、ガラス基板や石英基板の表面に数百～数千Åの厚さを有する薄膜半導体を形成し、この薄膜半導体を用いてトランジスタ（絶縁ゲイト型電界効果トランジスタ）を形成する技術である。

【0003】このような薄膜トランジスタは、非晶質珪素（アモルファスシリコン）薄膜を用いたものと結晶性珪素を用いたものが実用化されている。結晶性珪素を用いた薄膜トランジスタは特性が優れているため、将来性が期待されている。現在、実用化されている結晶性珪素半導体を用いた薄膜トランジスタでは、結晶性珪素薄膜は非晶質珪素薄膜を熱アニールする方法、もしくは、直接、結晶性珪素膜を気相成長法によって成膜する方法によって得られている。しかしながら、プロセスの低温化という点ではレーザー等の強光を照射することによって、非晶質珪素膜を結晶化せしめる光アニール法が有望とされている。（例えば、特開平4-37144）

【0004】光アニールによって結晶性半導体薄膜を得る場合には大きく分けて2つの方法がある。第1の方法は半導体薄膜を形成する素子の形状にエッチングしてから光アニールする方法である。他の方法は平坦な膜を光アニールしたのち、形成する素子の形状にエッチングする方法である。一般に前者の方が後者よりも良好な特性（特に電界効果移動度）が得られることが知られていた。これは前者の方法では、光アニールの結果、膜が収縮し、パターンの中央部に応力が加わるためであると推定されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、この場合にも問題は存在する。すなわち、初期特性は良いものの、長時間使用するにしたがって、急激に特性が悪化するという問題である。

【0006】従来の方法によって特性の劣化が生じた原因を図3を用いて説明する。最初、図3（A）に示されるような長方形32の非晶質珪素の島状半導体領域31を形成したとする。これを光アニールすると結晶化によ

って膜が僅かだが収縮する（図の点線は光アニール前の島状半導体領域の大きさを示す）。また、この収縮過程において、島状領域領域の外周部に歪みが蓄積した領域33が形成される。このような領域33の結晶性はそれほど良好なものではない。（図3（B））

【0007】このような島状領域を横断してゲイト電極34を形成した場合（図3（C））には、図3（D）にそのゲイト電極に沿った（a-b）断面を示すように、ゲイト電極34およびゲイト絶縁膜35の下に歪みの蓄積した領域33が存在することとなる。ゲイト電極に電圧を印加すると、領域33とゲイト絶縁膜35の界面特性が良好でないために電荷がトラップされるようになり、この電荷による寄生チャネル等によって劣化が発生する。（図3（D））

【0008】本発明はこのような特性の劣化に鑑みてなされたものであり、劣化の少ない絶縁ゲイト型半導体装置の作製方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の第1は以下のような工程を有する。

（1） 非晶質半導体膜を、その最も狭い部分の幅が $100\mu\text{m}$ 以下である第1の形状にエッチングし、島状半導体領域を形成する工程

（2） 前記半導体領域に光アニールを施して、結晶化せしめる、もしくは、結晶性を高める工程

（3） 前記半導体領域の端部（もしくは周辺部）のうち、少なくとも半導体装置のゲイト電極もしくはチャネルを形成する部分を端から $10\mu\text{m}$ 以上エッチングして、第2の形状の半導体領域を形成する工程

【0010】また、本発明の第2は以下のような工程を有する。

（1） 非晶質半導体膜を、その最も狭い部分の幅が $100\mu\text{m}$ 以下である第1の形状にエッチングし、島状半導体領域を形成する工程

（2） 前記半導体領域に光アニールを施して、結晶化せしめる、もしくは、結晶性を高める工程

（3） 前記半導体領域の端部（もしくは周辺部）の一部もしくは全部をエッチングする工程

（4） 前記半導体領域を覆って、ゲイト絶縁膜を形成する工程

（5） 前記半導体領域の端部のうち、エッチングされた部分を横切ってゲイト電極を形成する工程

（6） 前記ゲイト電極をマスクとしてN型もしくはP型不純物を導入する、もしくは拡散する工程

【0011】上記本発明の第1および第2において、第1の形状は長方形、正多角形、長円形（円を含む）のいずれか、より、一般的には、外周上のいかなる点においても凹でない形状であると好ましい。

【0012】上記構成において、非晶質半導体膜は、ガラス基板や石英基板等の絶縁表面を有する基板上に形成

される。非晶質珪素膜は、プラズマCVD法や減圧熱CVD法で形成される。また、光アニールには、KrFエキシマレーザー（波長 $248\text{nm}$ ）やXeClエキシマレーザー（波長 $308\text{nm}$ ）等の各種エキシマレーザーやNd:YAGレーザー（波長 $1064\text{nm}$ ）やその第2高調波（波長 $532\text{nm}$ ）、同第3高調波（波長 $355\text{nm}$ ）等を用いればよい。本発明では、光源がパルス発振でも連続発振でもよい。また、特開平6-318701に開示されるがごとく、光アニールに際して、珪素の結晶化を助長する金属元素（例えば、Fe、Co、Ni、Pd、Pt等）を利用して、結晶化を促進せしめてもよい。

【0013】また本明細書で開示する発明は、島状の半導体領域を単結晶または単結晶と見なせる領域で構成する場合に特に有効である。単結晶または単結晶と見なせる領域は、後に実施例で詳細に説明するように、非晶質珪素膜や結晶性を有する珪素膜に対して、線状にビーム加工されたレーザー光を走査しながら照射することによって得ることができる。

【0014】単結晶または単結晶と見なせる領域は、下記の条件を満たしている領域として定義される。

・結晶粒界が実質的に存在していない。

・点欠陥を中和するための水素またはハロゲン元素を $1\times 10^{15}\sim 1\times 10^{20}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ の濃度で含んでいる。

25 ・炭素および窒素の原子を $1\times 10^{16}\sim 5\times 10^{18}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ の濃度で含んでいる。

・酸素の原子を $1\times 10^{17}\sim 5\times 10^{19}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ の濃度で含んでいる。

なお、上記の元素の濃度は、SIMS（2次イオン分析方法）で計測された計測値の最小値として定義される。

【0015】

【作用】本明細書で開示する発明においては、半導体装置の特性に大きな影響を及ぼすチャネルに隣接しないように、チャネル部分だけエッチングする。これはゲイト電極が横断する部分にこのような領域が残らないようにエッチングすることと同様である。

【0016】図1には本発明の基本構成を示す。まず、第1の形状として長辺a、短辺bの長方形12の島状非晶質半導体領域11を複数（図では4つ）形成する。本発明では、第1の形状の最も狭い部分の幅は $100\mu\text{m}$ 以下であることが必要である。それ以上では、光アニールの際の膜の収縮による特性向上の効果が認められないからである。したがって、bは $100\mu\text{m}$ 以下である。

（図1（A））

45 【0017】次に、光アニールをおこなう。その結果、島状半導体領域は結晶化すると同時に僅かだが収縮する（図の点線は光アニール前の島状半導体領域の大きさを示す）。新たな島状領域の周辺は14で示される。また、島状半導体領域の周辺部に収縮過程による歪みの蓄積した領域13ができる。（図1（B））その後、島状

半導体領域11の外周部をエッチングし、目的とする素子を形成するための半導体領域15を形成し(図1

(C))、ゲイト絶縁膜(図示せず)、ゲイト電極16を形成する。(図1(D))

【0018】歪みの蓄積した領域を全て除去する必要があることを考えれば、図2のような方法も可能である。まず、長方形22の非晶質半導体領域21を形成し(図2(A))、これを光アニールすると、図1の場合と同様に領域は収縮し、周辺部には歪みの蓄積された領域23が形成される。(図2(B))

そして、ゲイト電極を形成する部分の周辺部を含む領域24をエッチングし(図2(C))、ゲイト絶縁膜(図示せず)、ゲイト電極26を形成する。ゲイト電極の下部のチャンネル25には歪みの蓄積した領域が存在しないため、図1の場合と同様に劣化を低減できる。(図2(D))

【0019】本発明においては、光アニールの際の非晶質半導体領域の形状(第1の形状)はできるだけ単純な形状が好ましい。例えば、長方形や正多角形、円、楕円を含む長円形等である。例えば、図4(A)のように中央部に凹部のある形状42を有する半導体領域41に光アニールをおこなうと、膜の収縮の際に、中央の凹部44は上と下に引っ張られるため、当該部分にクラック等が発生しやすい。(図4(B))

【0020】これは、図4(C)に示す(矢印は収縮の方向を示す)ように、膜の収縮が最も広い部分を中心にして発生するためである。したがって、第1の形状としては、くびれのあるようなものではなく、全ての点で凸である、もしくは、いかなる点でも凹でない形状を用いるのがよい。

【0021】そのような観点からは、例えば、第1の形状として図1のような長方形を採用するとしても、長辺aと短辺bの比率があまりに大きなものは好ましくない。本発明では $a/b \leq 10$ とすると良い。

【0022】また、島状の半導体領域を単結晶と見なせる領域、または実質的に単結晶と見なせる領域として構成した場合、その結晶化の際に島状の半導体領域の周辺部において、やはり歪みが蓄積してしまう。

【0023】この歪みは、やはり島状の半導体領域の周辺部に集中して存在するので、島状の半導体領域の周囲を除去することにより、この歪みの悪影響を抑制することができる。

【0024】

【実施例】〔実施例1〕図5を用いて本実施例を説明する。図5には2つの薄膜トランジスタの断面図が描かれているが、左側のものは、薄膜トランジスタをゲイト電極に垂直(図3のa-bに垂直)に切った断面であり、右側のものは、ゲイト電極に平行に(図3のa-bにそって)切った断面である。なお、上方より見た様子は図1を参考にするとよい。

【0025】まず、ガラス基板501上に下地膜として酸化珪素膜502を3000Åの厚さにスパッタ法またはプラズマCVD法によって形成した。次にプラズマCVD法または減圧熱CVD法により非晶質珪素膜503を500Åの厚さに成膜した。そして、非晶質珪素膜に燐をドーピングし、薄膜トランジスタのソース/ドレインとなるN型不純物領域504、505を形成した。

(図5(A))

【0026】次にこの非晶質珪素膜503をエッチングして、島状珪素領域506、507を形成した。(図5(B))

次に、KrFエキシマレーザー光を照射することにより、珪素膜の結晶化をおこなった。この際には、燐の導入された領域504、505も同時に結晶化・活性化される。レーザーのエネルギー密度は150~500mJ/cm<sup>2</sup>が好ましかった。また、レーザー照射工程を2回以上に分け、それぞれ異なったエネルギーのレーザー光を照射してもよかった。

【0027】本実施例では、最初、エネルギー密度250mJ/cm<sup>2</sup>のレーザー光を2~10パルス照射し、次に、エネルギー密度400mJ/cm<sup>2</sup>のレーザー光を2~10パルス照射した。レーザー照射時の基板温度は200℃とした。レーザーの最適なエネルギー密度は、基板温度や非晶質珪素の膜質に依存する。この結果、島状珪素領域506、507の端部に歪みの蓄積された領域508が形成された。(図5(C))

【0028】次に、島状珪素領域の端部509をエッチングし、新たに、島状珪素領域510、511を形成した。この工程でエッチングされた部分は図の点線509で示される。(図5(D))

そして、プラズマCVD法によって、厚さ1200Åの酸化珪素膜512(ゲイト絶縁膜)を形成した。また、その上に、厚さ5000Åのアルミニウム膜(0.3%のスカンジウム(Sc)を含む)をスパッタ法によって堆積し、これをエッチングして、ゲイト電極513、514を形成した。(図5(E))

【0029】次に、プラズマCVD法によって厚さ5000Åの酸化珪素膜515(層間絶縁物)を堆積し、これにコンタクトホールを開孔した。そして、スパッタ法によって、厚さ5000Åのアルミニウム膜を堆積し、これをエッチングして、ソース/ドレインの電極・配線516、517を形成した。(図5(F))

以上の工程によって、薄膜トランジスタが完成した。特性を安定させるため、コンタクトホール開孔工程以後に1気圧の水素雰囲気(250~350℃)でアニールするとよかった。

【0030】〔実施例2〕図6を用いて本実施例を説明する。図5と同様、図6には2つの薄膜トランジスタの断面図が描かれており、左側のものは、薄膜トランジスタをゲイト電極に垂直に切った断面であり、右側のもの

は、ゲイト電極に平行に切った断面である。なお、上方より見た様子は図2を参考にするとよい。

【0031】まず、ガラス基板601上に下地膜として酸化珪素膜602を3000Åの厚さにスパッタ法またはプラズマCVD法によって形成した。次にプラズマCVD法または減圧熱CVD法により非晶質珪素膜603を500Åの厚さに成膜した。そして、その表面に1～100ppmの酢酸ニッケル（もしくは酢酸コバルト）を含有する水溶液を塗布して、酢酸ニッケル（酢酸コバルト）層604を形成した。酢酸ニッケル（酢酸コバルト）層604は極めて薄いので膜状になっているとは限らない。（図6（A））

【0032】次に、これを350～450℃で2時間、窒素雰囲気中で熱アニールして、酢酸ニッケル（酢酸コバルト）を分解せしめると同時に、ニッケル（もしくはコバルト）を非晶質珪素膜603中に拡散させた。そして、非晶質珪素膜603をエッチングして、島状珪素領域605、606を形成した。（図6（B））

【0033】次に、KrFエキシマレーザー光を照射することにより、光アニールによる珪素膜の結晶化をおこなった。本実施例では、最初、エネルギー密度200mJ/cm<sup>2</sup>のレーザー光を2～10パルス照射し、次に、エネルギー密度350mJ/cm<sup>2</sup>のレーザー光を2～10パルス照射した。レーザー照射時の基板温度は200℃とした。

【0034】レーザーの最適なエネルギー密度は、基板温度や非晶質珪素の膜質に加え、添加されたニッケル（コバルト）の濃度にも依存する。本実施例では、2次イオン質量分析（SIMS）法による分析の結果、 $1 \times 10^{18} \sim 5 \times 10^{18}$ 原子/cm<sup>3</sup>の濃度のニッケル（コバルト）が含有されていることが確認された。このように、結晶化を促進する触媒元素を用いて、光アニールをおこなう方法に関しては、特開平6-318701に開示されている。この結果、島状珪素領域605、606の端部に歪みの蓄積された領域607が形成された。（図6（C））

【0035】次に、島状珪素領域の端部607のうち、ゲイト電極が横断する部分のみをエッチングし、新たに、島状珪素領域を形成した。この工程でエッチングされた部分は図の点線608で示される。（図6（D））そして、プラズマCVD法によって、厚さ1200Åの酸化珪素膜609（ゲイト絶縁膜）を形成した。また、その上に、厚さ5000Åの多結晶珪素膜（1%の燐を含む）を減圧CVD法によって堆積し、これをエッチングして、ゲイト電極610、611を形成した。（図6（E））

【0036】次に、イオンドーピング法によって燐イオンを珪素膜に、ゲイト電極をマスクとして導入した。本実施例では、ドーピングガスとして水素で5%に希釈したフォスフィン（PH<sub>3</sub>）を用いた。加速電圧は60～

110kVが好ましかった。ドーズ量は $1 \times 10^{14} \sim 5 \times 10^{15}$ 原子/cm<sup>2</sup>とした。このようにして、N型の不純物領域（＝ソース／ドレイン）612、613を形成した。

05 【0037】ドーピング後は、450℃で4時間の熱アニールをおこなうことにより、不純物を活性化せしめることができた。これは、半導体領域中にニッケル（コバルト）が含有されているためである。（特開平6-267989を参照のこと）活性化のための熱アニール工程の後、レーザー光等を照射して光アニールを施してもよい。

10 【0038】上記の工程の後、1気圧の水素雰囲気（250～350℃）でアニールすることにより、ゲイト絶縁膜と半導体領域の界面の不對結合手を中和させた。

15 （図6（F））

次に、プラズマCVD法によって厚さ5000Åの酸化珪素膜616（層間絶縁物）を堆積し、これにコンタクトホールを開孔した。そして、スパッタ法によって、厚さ5000Åのアルミニウム膜を堆積し、これをエッチングして、ソース／ドレインの電極・配線614、615を形成した。（図6（G））

20 【0039】【実施例3】本実施例は、非晶質珪素膜に対して、珪素の結晶化を助長する金属元素を導入し、さらにレーザー光の照射を行うことにより、実質的に単結晶と見なせる領域を形成し、この実質的に単結晶と見なせる領域を用いて薄膜トランジスタの活性層を構成する場合の例を示す。

25 【0040】図7に本実施例に示す薄膜トランジスタの一部の工程を示す。まずガラス基板701上に下地膜として酸化珪素膜702をプラズマCVD法またはスパッタ法により、3000Åの厚さに成膜した。次に非晶質珪素膜703を500Åの厚さにプラズマCVD法または減圧熱CVD法で成膜した。

30 【0041】そして試料を基板ごとスピナー700の上に配置する。この状態で所定のニッケル濃度に調整されたニッケル酢酸塩溶液を塗布し、水膜704形成した。この状態が図7（A）に示されている。そして、スピナーを用いたスピンドライを行うことにより、不要なニッケル酢酸塩溶液を吹き飛ばし、微量のニッケル元素が非晶質珪素膜の表面に接して保持された状態とした。

40 【0042】次にパターニングを行うことにより、薄膜トランジスタの活性層705を形成する。この状態においては、活性層705は非晶質珪素膜で構成されている。（図7（B））

45 【0043】この状態でレーザー光を照射し、非晶質珪素膜でなる活性層705を結晶化させた。ここで用いるレーザー光は線状にビーム加工されたものがある。レーザー光の照射は、活性層の一方の辺から対向する辺に向かって、線状レーザーが走査されながら照射されるよう行う。またレーザー光としては、パルス発振のエキシマレ

ーザーを用いることが必要である。ここでは、KrFエキシマレーザー（波長248nm）を用いる。

【0044】このレーザー光の照射は、基板を500℃の温度に加熱しながら行う。これは、レーザー光の照射に従う結晶構造の急激な変化を緩和するためである。この加熱温度は、450℃～ガラス基板の歪み点以下の温度の範囲とすることが好ましい。

【0045】非晶質珪素膜に対して線状のレーザー光が照射されると、レーザー光が照射された領域が瞬間的に熔融する。そして、この線状のレーザー光が走査されて照射されることで、結晶成長が徐々に進行していき、単結晶と見なせる領域を得ることができる。

【0046】即ち、図7（C）に示すように非晶質珪素膜で構成された活性層の一方の端部から線状のレーザー光708が徐々に走査されながら照射されると、707で示されるような単結晶と見なせる領域がレーザー光の照射に伴って成長していき、最終的に活性層全体を単結晶と見なせる状態とすることができ。

【0047】このようにして、単結晶と見なせる珪素薄膜で構成された活性層709が得られた。（図7（D））

【0048】ここで示す単結晶と見なせる領域というのは、その領域中において、以下の条件を満たしていることが必要とである。

- ・結晶粒界が実質的に存在していない。
- ・点欠陥を中和するための水素またはハロゲン元素を $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{20}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ の濃度で含んでいる。
- ・炭素および窒素の原子を $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ の濃度で含んでいる。
- ・酸素の原子を $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ の濃度で含んでいる。

【0049】また、本実施例で示すような珪素の結晶化を助長する金属元素を利用している場合には、その膜中に当該金属元素を $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ の濃度で含んでいる必要がある。この濃度範囲の意味するところは、これ以上の濃度範囲では、金属としての特性が表れてしまい半導体としての特性が得られず、またこの濃度範囲以下では、そもそも珪素の結晶化を助長する作用を得ることができないということである。

【0050】これらのことより分かるように、上記のレーザー光の照射によって得られる単結晶とみなせる珪素膜の領域は、単結晶ウエハーのような一般的な単結晶とは本質的に異なるものである。

【0051】このレーザー光の照射による結晶化の際においても膜の収縮が発生し、その歪みは活性層の周辺部に行くほど蓄積する。即ち、図7（D）の710で示される部分に歪みが集中して蓄積してしまう。

【0052】また、一般に活性層の厚さは、数百Å～数千Å程度である。またその大きさは数μm角～数百μm角である。即ち、非常に薄い薄膜状の形状を有してい

る。このような薄い薄膜状の状態において、図7（C）に示すような結晶成長が進行すると、その周囲、即ち結晶成長の成長終点付近やそれ以上結晶成長が進行しない領域に歪みが集中して発生してしまう。

05 【0053】このように主に2つの原因により、活性層の周囲に歪みが集中して存在することになってしまう。活性層中にこのような歪みが集中している領域が存在することは、薄膜トランジスタの動作において悪影響を及ぼす原因ともなるもので、好ましいものではない。

10 【0054】そこで、本実施例においても、活性層の周囲全周をエッチングする。こうして図7（E）に示すような実質的に単結晶と見なせる領域で構成され、また応力の影響が低減された活性層711を得ることができる。（図7（E））

15 【0055】活性層を711を得た後、図8（A）に示すように、活性層711を覆ってゲイト絶縁膜712として酸化珪素膜を1000Åの厚さにプラズマCVD法で成膜した。さらにP（リン）を多量にドーピングした多結晶珪素膜を減圧熱CVD法で5000Åの厚さに成膜し、パターニングを施すことにより、ゲイト電極713を形成した。（図8（A））

【0056】次にP（リン）イオンの注入をプラズマドーピング法またはイオン注入法により行い、自己整合的にソース領域714とドレイン領域716を形成した。25 そしてゲイト電極713がマスクとなることによって不純物イオンが注入されない領域715をチャンネル形成領域として画定した。（図8（B））

【0057】次に層間絶縁膜として酸化珪素膜717をTEOSガスを用いたプラズマCVD法で7000Åの厚さに成膜した。そしてコンタクトホール形成後、チタンとアルミニウムの積層膜を用いて、ソース電極とドレイン電極の形成を行った。また図面では示されないが、ゲイト電極713へのコンタクト電極も同時に形成した。そして最後に350℃の水素雰囲気中において1時間の加熱処理を加えることにより、図8（C）に示すような薄膜トランジスタを完成させた。

【0058】このようにして得られた薄膜トランジスタは、活性層が単結晶と見なせるような珪素膜で構成されているので、その電気的な特性もSOI技術等を利用して作製された単結晶珪素膜を用いた薄膜トランジスタに匹敵するものとすることができる。

【0059】〔実施例4〕本実施例は、実施例3に示した構成において、活性層を構成するべくパターニングされた非晶質珪素膜に対するレーザー光の照射の仕方を工夫し、より結晶化がし易いように工夫した例である。

【0060】図9に示すのは、実施例3に示した工程における活性層に対するレーザー光の照射方法である。この場合、パターニングされた非晶質珪素膜901（後に活性層となるので活性層と呼ぶこととする）の一方の辺に平行に長手方向を有する線状のレーザー光を照射す



る。そして照射しつつ矢印の方向に走査することによって、活性層 901 を単結晶と見なせる領域に変成する。

【0061】本実施例に示す方法においては、図 10 に示すように活性層 901 の角の部分から結晶成長が進行するように、線状のレーザー光 900 の走査方向を設定したことを特徴とする。図 10 で示すレーザー光の照射方法を採用した場合、図 11 に示すように狭い領域から徐々に広い領域へと結晶成長が進行していくこととなるので、結晶成長がスムーズに進行し易い。そして、図 9 に示すような状態でレーザー光を照射した場合に比較して、より単結晶と見なせる領域を形成し易く、またその再現性も高いものとすることができる。

【0062】

【発明の効果】本発明により、光アニールによって結晶化させた半導体膜を用いて作製された絶縁ゲイト型半導体装置の劣化を低減せしめることができた。実施例では珪素半導体を中心に説明したが、同様な効果は他の半導体（例えば、珪素ゲルマニウム合金半導体、硫化亜鉛半導体、炭化珪素半導体他）においても得られる。このように本発明は工業的に価値を有するものである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の作製工程の概念図（上方より見た図）を示す。

【図 2】 本発明の作製工程の概念図（上方より見た図）を示す。

【図 3】 従来法の作製工程例（上方より見た図と断面）を示す。

【図 4】 光アニール時に薄膜半導体に加わる力について示す。

【図 5】 実施例 1 の作製工程断面図を示す。

【図 6】 実施例 2 の作製工程断面図を示す。

【図 7】 実施例 2 の作製工程断面図を示す。

【図 8】 実施例 2 の作製工程断面図を示す。

【図 9】 活性層（島上の半導体領域）に対する線状のレーザー光の照射の状態を示す上面図。

【図 10】 活性層（島上の半導体領域）に対する線状のレーザー光の照射の状態を示す上面図。

【図 11】 活性層（島上の半導体領域）に対する線状のレーザー光の照射に従う結晶化の様子を示す。

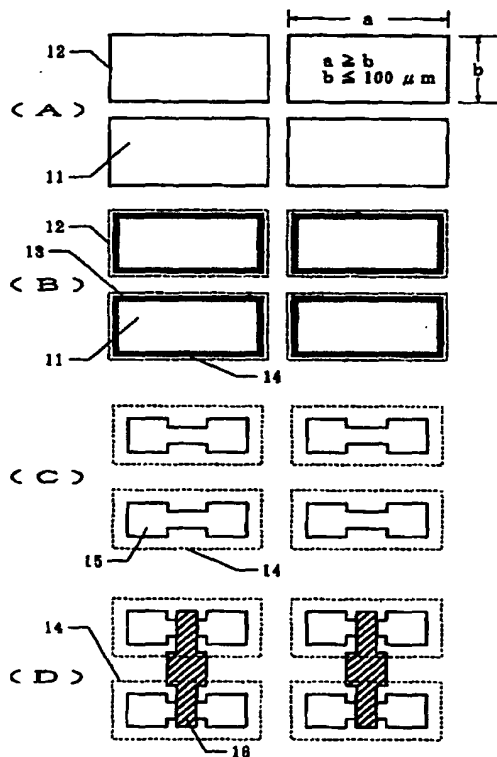
【符号の説明】

11	島状半導体領域
12	光アニール前の島状半導体領域の外周
13	光アニールによって歪みの蓄積した領域
14	光アニール後の島状半導体領域の外周
15	半導体素子を構成するための半導体領域
16	ゲイト電極

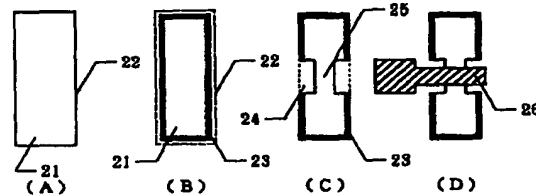
21	島状半導体領域
22	光アニール前の島状半導体領域の外周
23	光アニールによって歪みの蓄積した領域
24	光アニール後にエッチングした領域
25	半導体素子のチャネル
26	ゲイト電極
31	島状半導体領域
32	光アニール前の島状半導体領域の外周
33	光アニールによって歪みの蓄積した領域
34	ゲイト電極
35	ゲイト絶縁膜
41	島状半導体領域
42	光アニール前の島状半導体領域の外周
43	光アニールによって歪みの蓄積した領域
501	ガラス基板
502	下地膜（酸化珪素）
503	非晶質珪素膜
504、505	N型不純物領域
506、507	島状半導体領域
508	歪みの蓄積された領域
509	エッチングした部分
510、511	島状半導体領域
512	ゲイト絶縁膜（酸化珪素）
513、514	ゲイト電極（アルミニウム）
515	層間絶縁膜（酸化珪素）
516、517	ソース／ドレイン電極・配線（アルミニウム）
601	ガラス基板
602	下地膜（酸化珪素）
603	非晶質珪素膜
604	酢酸ニッケル（もしくはコバルト）層
605、606	島状半導体領域
607	歪みの蓄積された領域
608	エッチングした部分
609	ゲイト絶縁膜（酸化珪素）
610、611	ゲイト電極（多結晶珪素）
612、613	ソース／ドレイン
614、615	ソース／ドレイン電極・配線（アルミニウム）
614	層間絶縁物（酸化珪素）
701	ガラス基板
702	下地膜（酸化珪素膜）
703	非晶質珪素膜

704	ニッケル酢酸塩溶液の水膜	714	ソース領域
705	活性層（島状の半導体領域）	715	チャネル形成領域
707	結晶化された領域	716	ドレイン領域
708	レーザー光	717	層間絶縁膜（酸化珪素膜）
709	結晶化された活性層	05 718	ソース電極
710	歪みの集中した領域	719	ドレイン電極
711	活性層（島状の半導体領域）	901	活性層（島状の半導体領域）
712	ゲート絶縁膜（酸化珪素膜）	900	線状のレーザービーム
713	ゲート電極		

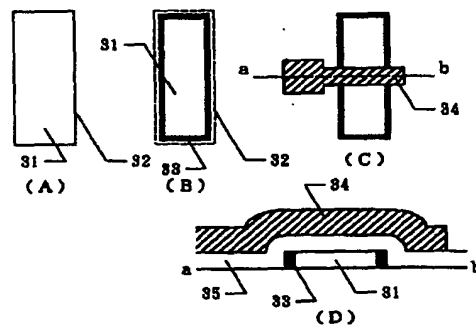
【図1】



【図2】

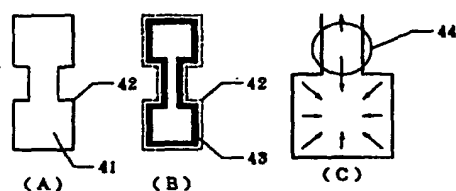


【図3】

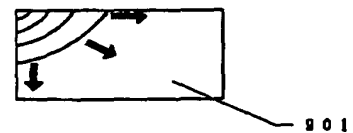
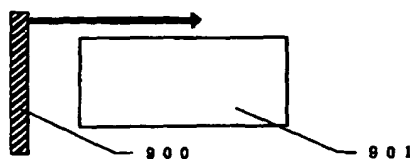


【図11】

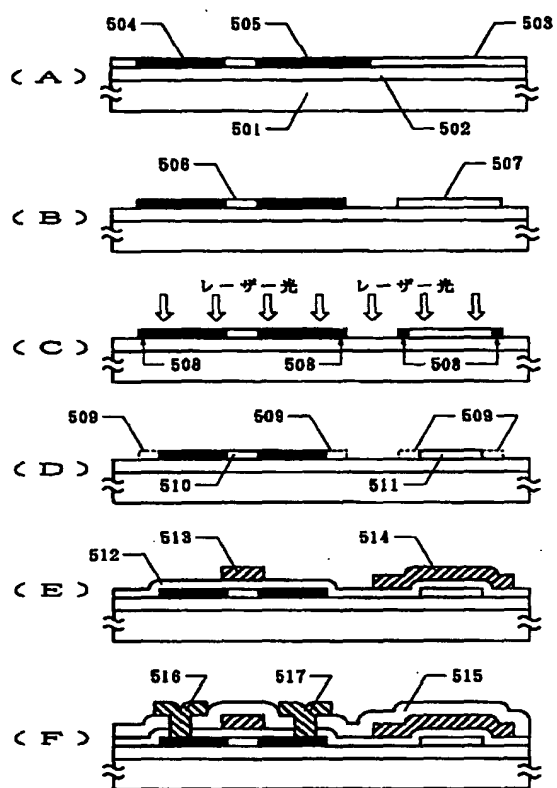
【図4】



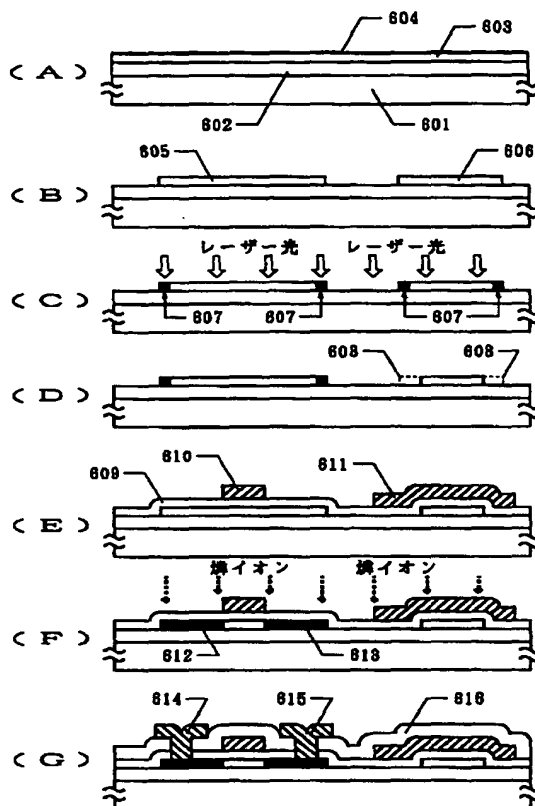
【図9】



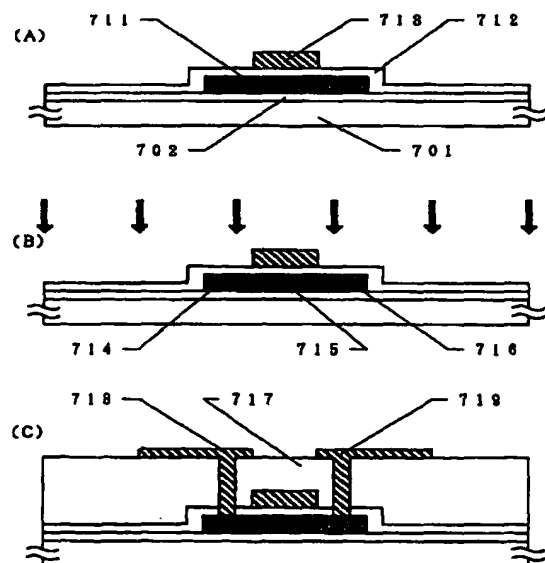
【図5】



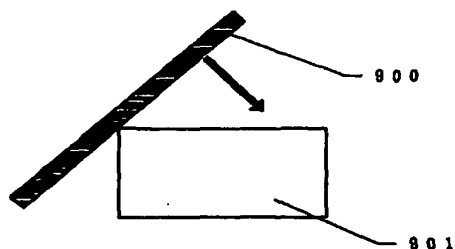
【図6】



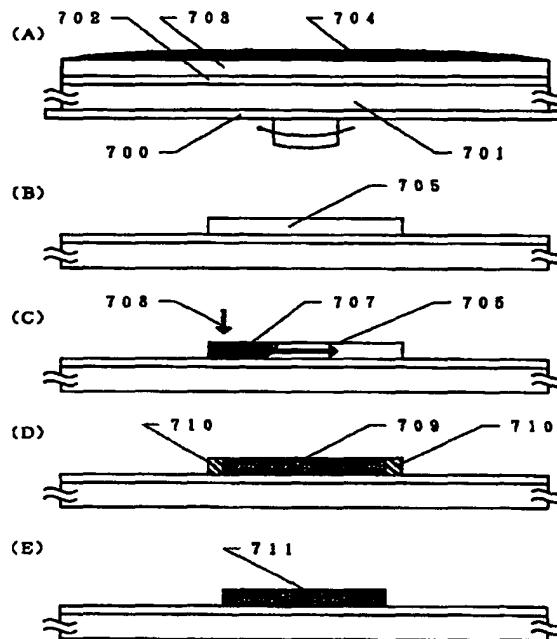
【図8】



【図10】



【図7】



## 【手続補正書】

【提出日】平成13年8月3日(2001.8.3)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】絶縁表面上の非晶質半導体膜に線状のレーザー光を走査しながら照射して該非晶質半導体膜を結晶化し、該結晶化された半導体膜を用いて活性層を形成する薄膜トランジスタの作製方法であって、前記結晶化された半導体膜は、 $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18}$  原子/cm<sup>3</sup>の濃度で炭素及び窒素を含み、かつ、 $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19}$  原子/cm<sup>3</sup>の濃度で酸素を含むことを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項2】絶縁表面上の非晶質半導体膜に線状のエキシマレーザー光を走査しながら照射して該非晶質半導体膜を結晶化し、該結晶化された半導体膜を用いて活性層を形成する薄膜トランジスタの作製方法であって、前記結晶化された半導体膜は、 $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18}$  原子/cm<sup>3</sup>の濃度で炭素及び窒素を含み、かつ、 $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19}$  原子/cm<sup>3</sup>の濃度で酸素を含むことを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項3】絶縁表面上の非晶質半導体膜に波長1064 nmの線状のレーザー光を走査しながら照射して該非晶質半導体膜を結晶化し、該結晶化された半導体膜を用いて活性層を形成する薄膜トランジスタの作製方法であって、

前記結晶化された半導体膜は、 $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18}$  原子/cm<sup>3</sup>の濃度で炭素及び窒素を含み、かつ、 $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19}$  原子/cm<sup>3</sup>の濃度で酸素を含むことを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項4】絶縁表面上の非晶質半導体膜に波長532 nmの線状のレーザー光を走査しながら照射して該非晶質半導体膜を結晶化し、該結晶化された半導体膜を用いて活性層を形成する薄膜トランジスタの作製方法であって、

前記結晶化された半導体膜は、 $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18}$  原子/cm<sup>3</sup>の濃度で炭素及び窒素を含み、かつ、 $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19}$  原子/cm<sup>3</sup>の濃度で酸素を含むことを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項5】絶縁表面上の非晶質半導体膜に波長355 nmの線状のレーザー光を走査しながら照射して該非晶質半導体膜を結晶化し、該結晶化された半導体膜を用いて活性層を形成する薄膜トランジスタの作製方法であって、

前記結晶化された島状半導体領域は、 $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18}$ 原子/cm<sup>3</sup>の濃度で炭素及び窒素を含み、かつ、 $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19}$ 原子/cm<sup>3</sup>の濃度で酸素

を含むことを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 17】請求項 1 乃至請求項 16 のいずれかにおいて、前記レーザー光は、連続発振のレーザー光であることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 18】請求項 1 乃至請求項 17 のいずれかにおいて、前記結晶化の際、前記レーザー光を走査するに伴って結晶成長が進行することを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 19】請求項 18 において、前記レーザー光の走査方向と前記結晶成長の方向が一致することを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 20】請求項 9 乃至請求項 19 のいずれかにおいて、前記レーザー光の走査方向は、前記島状半導体領域の一辺に対して平行であることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 21】請求項 9 乃至請求項 19 のいずれかにおいて、前記レーザー光の走査方向は、前記島状半導体領域の一辺に対して斜めであることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 22】請求項 9 乃至請求項 21 のいずれかにおいて、前記島状半導体領域の上面は、最も狭い部分が  $100\mu\text{m}$  以下であることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 23】請求項 9 乃至請求項 22 のいずれかにおいて、前記島状半導体領域の上面は、長辺  $a$  と短辺  $b$  の比が  $a/b \leq 10$  の関係にあることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

05 【請求項 24】請求項 9 乃至請求項 21 のいずれかにおいて、前記島状半導体領域の上面は、長方形、正多角形、円形もしくは楕円形であることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

10 【請求項 25】請求項 9 乃至請求項 24 のいずれかにおいて、前記島状半導体領域は、島状の非晶質珪素膜であることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

15 【請求項 26】請求項 9 乃至請求項 24 のいずれかにおいて、前記島状半導体領域は、島状の非晶質珪素ゲルマニウム合金半導体膜であることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 26】請求項 1 乃至請求項 25 のいずれかに記載の作製方法を用いて作製されたことを特徴とする薄膜トランジスタ。

20 【請求項 27】請求項 26 に記載の薄膜トランジスタを用いたことを特徴とする表示装置。

【請求項 28】請求項 26 に記載の薄膜トランジスタを用いたことを特徴とする液晶表示装置。

フロントページの続き

F ターム (参考)	5F052 AA02 BA07 BB02 BB07 CA10	
	DA02 DA03 DB02 DB03 FA06	
	FA22 HA03 JA01	30
5F110	AA14 BB01 CC02 DD02 DD13	
	EE06 EE09 EE38 EE44 EE45	
	FF02 FF30 GG01 GG02 GG13	
	GG23 GG25 GG33 GG34 GG45	
	GG47 HJ01 HJ04 HJ12 HJ13	35
	HJ23 HL03 HL04 HL11 HL23	
	NN04 NN23 NN35 PP01 PP03	
	PP04 PP05 PP06 PP07 PP10	
	PP13 PP23 PP27 PP29 PP34	
	QQ11 QQ24	40